

## АРКТИКА И ЕЕ ОСВОЕНИЕ

---

## СЕКЦИЯ 10

### ПЕРЕРАБОТКА УГЛЕВОДОРОДНОГО СЫРЬЯ И ПОЛУЧЕНИЕ НЕФТЕПРОДУКТОВ ДЛЯ ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ УСЛОВИЙ АРКТИКИ

#### НОВЕЙШИЕ ТЕХНОЛОГИИ НЕФТЕ- И ГАЗОПЕРЕРАБОТКИ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ НЕФТЕПРОДУКТОВ В УСЛОВИЯХ АРКТИКИ

**В.И. Ерофеев, академик РАЕН, профессор,  
Заслуженный деятель науки РФ**

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет,  
г. Томск, Россия*

Арктическая зона России представляет собой колоссальный сырьевой резерв страны и относится к числу немногих регионов мира, где имеются практически нетронутые запасы углеводородного сырья: нефти и газа. На относительно небольших территориях здесь в конце XX и в начале XXI века на Арктическом побережье и шельфе были открыты ряд крупных месторождений нефти и газа, что послужило поводом для споров между Россией, Норвегией, Канадой, США, Финляндией и другими странами о принадлежности и разделе различных пограничных территорий Арктики.

Важно отметить, что к настоящему времени наблюдается сильное истощение по запасам энергоресурсов большинства крупных нефтяных и газовых месторождений мира, на основании чего можно сделать заключение, что эпоха открытия и разработки так называемой «легкой нефти» закончился и наступает эпоха разработки нефтяных месторождений с трудноизвлекаемой и труднодоступной нефтью. В связи с чем можно отметить возможные основные области поиска месторождений нефти и газа на планете: глубоководные, труднодоступные и трудноизвлекаемые месторождения нефти и газа и Арктическое побережье.

В последние годы российскими геологами были открыты ряд крупных месторождений нефти и газа на шельфах Баренцева, Карского, Лаптевых и Восточно-Сибирского морей Российской Арктической зоны. Разведанные запасы Арктической зоны в целом, включая шельфы и побережье Арктики, геологами и экспертами оцениваются примерно в 25–30 % мировых запасов углеводородного сырья.

В настоящее время в Российской арктической зоне крупные прогнозные запасы нефти и газа содержат Тимано-Печорская, Енисейско-Лаптевская, Баренцево-Карская, Индигиро-Чукотская и другие нефтегазовые территории. Так, например, открытое Штокмановское месторождение содержит более 4 000 млрд. м<sup>3</sup> газа, также в акватории Карского моря были разведаны и открыты крупнейшие газоконденсатные месторождения. Необходимо отметить, что по прогнозам ведущих мировых экспертов к 2020–2030 годам потребление нефти и газа вырастет на 20–30 % по сравнению с настоящим уровнем потребления этих энергоресурсов. Также резко возрастет потребность в этих видах углеводородного сырья для предприятий нефтегазохимической промышленности.

Потребность в углеводородах как в энергетическом сырье сохранится ещё в течение нескольких десятилетий, ещё большее значение имеют углеводороды в химической и нефтегазохимической промышленности — именно из них полностью или частично делается значительная часть современных материалов, полимеров и

## СЕКЦИЯ 10. ПЕРЕРАБОТКА УГЛЕВОДОРОДНОГО СЫРЬЯ И ПОЛУЧЕНИЕ НЕФТЕПРОДУКТОВ ДЛЯ ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ УСЛОВИЙ АРКТИКИ

---

пластмасс, без которых невозможна цивилизация. Кроме того, нефть — ресурс конечный, исчерпаемый, а значит, предложение её в стратегических масштабах возрастет не будет, спрос же на нее будет только расти.

Разработка арктического шельфа потребует интенсивного развития инноваций во всех сферах хозяйственной деятельности: разработка новых технологий добычи и разработки нефтяных и газовых месторождений в суровых климатических условиях Арктики, необходимо разрабатывать специальные сорта и марки получения металлических трубопроводов, конструкций, аппаратов, полимеров и пластмасс, выдерживающих без потери эксплуатационных свойств и характеристик температуру до  $-55$ – $-65^{\circ}\text{C}$ , а также высоколиквидные низкозастывающие моторные топлива (высокооктановые бензины, керосины, дизельные топлива) и масла для автомобильной, авиационной и морской техники, не замерзающие при  $-60$ – $-65^{\circ}\text{C}$  и ниже.

В настоящее время наряду с нефтью все больший вклад в общий сырьевой баланс многих нефтегазодобывающих стран мира вносят различные виды легкого углеводородного сырья: природный и попутные нефтяные газы, газовые конденсаты, газогидраты, что требует огромных затрат для их добычи и глубокой химической переработки в различные ценные продукты.

В связи с этим, на современном этапе нефтегазохимия играет существенную роль в разработке новых технологий по переработке углеводородных фракций, различных видов легкого углеводородного сырья: природного и попутных нефтяных газов  $\text{C}_1$ – $\text{C}_4$ , создании новых более эффективных катализаторов и процессов их переработки в низшие олефины, арены, моторные топлива и другие ценные продукты [1-14]. Важное значение играют новые процессы синтеза этилена, пропилена, изобутена, альфа-олефинов, аренов, спиртов, эфиров и других продуктов [15-20].

В настоящее время основным методом их синтеза является термический пиролиз прямогонных бензинов, легких углеводородных фракций  $\text{C}_2$ – $\text{C}_4$ , ШФЛУ и другие виды органического и углеводородного сырья. Также низшие олефины  $\text{C}_2$ – $\text{C}_4$  частично получают при каталитическом крекинге и при дегидрировании парафинов.

Также необходимо отметить, что при разработке новых нефтехимических процессов важно создание и разработка активных и долговечных катализаторов, обладающих высокой активностью и селективностью в образовании целевых продуктов. Наиболее перспективные технологии в газохимии связаны с вовлечением в переработку газовых конденсатов, попутного и природного газа на новых модифицированных наноструктурированных цеолитных системах, позволяющие превращать метан в этилен, арены, высокооктановые компоненты моторных топлив [15-24].

Таким образом, в заключение необходимо отметить, что для переработки углеводородного сырья: нефти, газовых конденсатов, природного и попутных нефтяных газов Арктического побережья России важнейшими признаны технологии, связанные с переработкой природных и попутных нефтяных газов в синтез-газ, конверсия синтез-газа в метанол и в дальнейшем в низшие олефины, прямая конверсия природного газа и попутных нефтяных газов  $\text{C}_2$ – $\text{C}_4$  в низшие олефины, арены, высокооктановые бензины и другие ценные продукты.

Литература

1. Арутюнов В.С., Лapidус А.Л. Газохимия как ключевое направление развития энергохимических технологий XXI века. // Рос. хим. ж. – 2003. – Т. 47. – № 2. – С. 23 – 32.
2. Барбашин Я.Е., Рябов Ю.В., Восмери́ков А.В., Вели́чина Л.М., Короби́цына Л.Л., Еро́феев В.И. Дезактивация цеолитных катализаторов в процессах превращения метанола, гексана и бензиновой фракции газового конденсата. // Нефтепереработка и нефтехимия. – 1998. – № 8. – С. 17 – 21.
3. Брагинский О.Б., Шлихтер Э.Б. Мировая нефтепереработка: экологическое измерение. – М.: Академия, 2003. – 262 с.
4. Восмери́ков А.В., Еро́феев В.И. Исследование каталитической активности Ga – содержащих цеолитов в процессе ароматизации низших алканов. // Журнал прикладной химии. – 1994. – Т. 67. – Вып. 7. – С. 1152 – 1156.
5. Восмери́кова Л.Н., Зайковский В.И., Во́лынкина А.Н., Восмери́ков А.В. Особенности дезактивации Ga-содержащих цеолитов в процессе ароматизации пропана. // Нефтехимия. – 2017. – Т. 57. – № 1. – С. 88 – 95.
6. Восмери́кова Л.Н., Барбашин Я.Е., Восмери́ков А.В. Влияние природы струкурообразующей добавки на физико-химические свойства цеолитов и активность Zn-содержащих катализаторов на их основе в процессе ароматизации. // Журнал физической химии. – 2014. – Т. 88. – № 3. – С. 413 – 417.
7. Еро́феев В.И. Проблемы и перспективы развития нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности России. // В сб.: Проблемы геологии и освоения недр. Труды XVII Межд. симпозиума им. акад. М.А. Усова студентов и молодых ученых, посвященного 150-летию со дня рождения акад. В.А. Обручева и 130-летию акад. М.А. Усова, основателей Сибирской горно-геологической школы. Национальный исследовательский Томский политехнический университет. 2013. С. 44 – 47.
8. Еро́феев В.И. Современные процессы нефте – и газопереработки. // В сб.: Проблемы геологии и освоения недр. Труды XVIII Межд. симпозиума им. акад. М.А. Усова студентов и молодых ученых, посвященного 115-летию со дня рождения акад. Академии наук СССР, профессора К.И. Сатпаева, 120-летию со дня рождения члена-корреспондента Академии наук СССР, профессора Ф.Н. Шахова. Национальный исследовательский Томский политехнический университет. 2014. С. 147 – 151.
9. Еро́феев В.И., Восмери́ков А.В., Короби́цына Л.Л., Соловьёв А.И. Превращение нефтяных газов на модифицированных цеолитных катализаторах // Нефтехимия. – 1990. – Т. 30. – № 4. – С. 496 – 500.
10. Erofeev V.I., Adyaeva L.V., Ryabov Yu.V. Pyrolysis of straight-run Naphtha on ZSM-5 Zeolites modified with alkaline-earth metal cations // Russian Journal of Applied Chemistry. – 2001. – V. 74. – N 2. – P. 235 – 237.
11. Erofeev V.I., Adyaeva L.V., Kukharensko O.A. Effect of high-temperature treatment of Pentasils on their acid catalytic properties in conversion of straight-run Naphthas // Russian Journal of Applied Chemistry. – 2001. – V. 74. – N 11. – P. 1846 – 1849.
12. Erofeev V.I., Adyaeva L.V. Transformations of straight-run Naphthas on Indium-modified pentasils // Russian Journal of Applied Chemistry. – 2003. – V. 76. – N 7. – P. 1083 – 1088.
13. Erofeev V.I., Adyaeva L.V., Ryabova N.V. Effect of high-temperature steam treatment of high-silica Zeolites of the ZSM-5 type on their acidity and selectivity of Formation

- of lower olefins from straight-run Naphthas // Russian Journal of Applied Chemistry. – 2003. – V. 76. – N 1. – P. 95 – 98.
14. Erofeev V.I., Medvedev A.S., Koval L.M., Khomyakov I.S., Erofeev M.V., Tarasenko V.F. Effect of UV Activation on acid and catalytic properties of zeolite-containing Catalysts in conversion of gas-condensate straight-run Gasolines to high-octane Gasolines//Russian Journal of Applied Chemistry. – 2011. – V. 84. – N 10 – P. 1760 – 1766.
15. Erofeev V.I., Trofimova A.S., Koval L.M., Ryabov Yu.V. Acidity and catalytic properties of Cu-ZSM-5 in conversion of lower alkanes // Russian Journal of Applied Chemistry. – 2000. – V. 73. – N 12. – P. 2057 – 2061.
16. Korobitsyna L.L., Velichkina L.M., Antonova N.V., Vosmerikov A.V., Erofeev V.I. Physicochemical and catalytic properties of iron-containing Zeolites // Russian Journal of Physical Chemistry. – 1997. – V. 71. – N 1. – P. 54 – 57.
17. Мановян А.К. Технология переработки природных энергоносителей. – М.: Химия, КолосС, 2004. – 456 с.
18. Медведев Ю.В., Иванов В.Г., Середа Н.И., Польшгалов Ю.И., Ерофеев В.И., Коровин С.Д., Ерофеев М.В., Соснин Э.А., Суслов А.И., Тарасенко В.Ф., Истомин В.А. Воздействие мощного ультрафиолетового излучения на поток природного газа в проточном фотореакторе // Наука и техника в газовой промышленности. – 2004. – № 3-4. – С. 83 – 87.
19. Ryabov Yu.V., Erofeev V.I. Carbonization of high-silica Zeolites during the conversion of methanol to hydrocarbons // Russian Chemical Bulletin. – 1986. – V. 35. – N 9. – P. 1785 – 1789.
20. Степанов А.А., Коробицына Л.Л., Барбашин Я.Е., Восмерилов А.В. Влияние условий предварительной термообработки на свойства Mo/ZSM-5 – катализатора неокислительной конверсии метана.// Журнал физической химии. – 2016. – Т. 90. – № 12. – С. 1797 – 1803.
21. Tretyakov V.F., Lermontov A.S., Makarfi Yu.I., Yakimova M.S., Frantsuzova N.A., Koval L.M., Erofeev V.I. Synthesis of Motor Fuels from Bioethanol // Chemistry and Technology of Fuels and Oils. – 2008. – V.44. – N 6. – P. 409 – 414.
22. Trofimova A.S., Koval L.M., Erofeev V.I. Synthesis of Lower Olefins from C<sub>3</sub>-C<sub>4</sub> Alkanes on ZSM-5 Zeolites Modified with Alkali Metals.// Rus. J. of Physical Chemistry. – 2000. – V. 74. – Suppl. 3. – pp. S537–S540.
23. Трофимова А.С., Ерофеев В.И., Коваль Л.М. Получение низших олефинов из алканов C<sub>3</sub>-C<sub>4</sub> на цеолитах ZSM-5, модифицированных литием.// Журнал физической химии. – 2002. – Т. 76. – № 6. – С. 1034 – 1037.
24. Erofeev V.I., Khomyakhov I.S., Egorova L.A. Production of high-octane Gasoline from straight-run Gasoline on ZSM-5 modified Zeolites // Theoretical Foundations of Chemical Engineering. – 2014. – V. 48. – N 1. – P. 71 – 76.

**УЛУЧШЕНИЕ СВОЙСТВ ВЫСОКОПАРАФИНИСТОЙ НЕФТИ**

**Р.В. Ануфриев, Г.И. Волкова**

Научный руководитель старший научный сотрудник. Г.И. Волкова

**Институт химии нефти СО РАН, г. Томск, Россия**

Низкие температуры, холодное море, льды, полярная ночь, вечная мерзлота, тундра или тайга, большая глубина залегания ресурсов, удаленность месторождений от ближайших населенных пунктов и практически полное отсутствие